

9 3.09.98

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1997年10月31日

REC 27 OCT 1998

WIPO

PCT

出 願 番 号
Application Number:

平成 9年特許願第300349号

出 願 人
Applicant (s):

大阪瓦斯株式会社

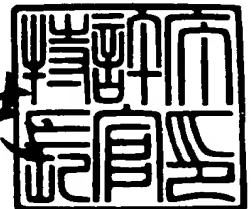
09/508024

PRIORITY DOCUMENT

1998年10月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平10-3080378

【書類名】 特許願

【整理番号】 T097167300

【提出日】 平成 9年10月31日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N 29/24

【発明の名称】 フォーカス型ポリマー超音波探触子

【請求項の数】 4

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区平野町四丁目 1 番 2 号 大阪瓦斯株式会社内

 【氏名】 北岡 利道

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区平野町四丁目 1 番 2 号 大阪瓦斯株式会社内

 【氏名】 井上 富美夫

【発明者】

 【住所又は居所】 兵庫県神戸市東灘区本山北町四丁目 1 5 番 2 号

 【氏名】 戸田 裕己

【特許出願人】

 【識別番号】 000000284

 【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区平野町四丁目 1 番 2 号

 【氏名又は名称】 大阪瓦斯株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100080975

 【住所又は居所】 大阪府大阪市北区豊崎 5 丁目 8 番 1 号

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 北村 修

 【電話番号】 06-374-1221

【選任した代理人】

【識別番号】 100107308

【住所又は居所】 大阪府大阪市北区豊崎5丁目8番1号

【弁理士】

【氏名又は名称】 北村 修一郎

【電話番号】 06-374-1221

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004673

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704589

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フォーカス型ポリマー超音波探触子

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ポリマー圧電材料からなる湾曲状圧電素子と、前記湾曲状圧電素子の凹面に密着したポリマー材料からなるマッチング材とを備え、前記マッチング材の音響インピーダンスは前記湾曲状圧電素子の音響インピーダンスに類似することを特徴とするフォーカス型超音波探触子。

【請求項2】 ポリマー圧電材料からなる湾曲状圧電素子と、前記湾曲状圧電素子の凹面に密着したポリマー材料からなるマッチング材とを備え、前記マッチング材の音響インピーダンスは、前記湾曲状圧電素子から発射された縦波超音波の伝播方向に関して前記湾曲状圧電素子の音響インピーダンスに類似する値から被検査物の音響インピーダンスの値に向かって変化していることを特徴とするフォーカス型超音波探触子。

【請求項3】 前記マッチング材の長さは前記湾曲状圧電素子から発射された縦波超音波が被検査物の所定検査ポイントで焦点を結ぶように設定されていることを特徴とする請求項1又は2に記載のフォーカス型超音波探触子。

【請求項4】 前記マッチング材は、前記湾曲状圧電素子から発射された縦波超音波の伝播方向に関して圧電素子側の第1部材と被検査物側の第2部材に分割されており、前記第1部材と第2部材の接触面は平坦な面に形成されており、前記第2部材の他方の面は被検査物表面に適應するように形成されていることを特徴とする請求項3に記載のフォーカス型超音波探触子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、被検査物に超音波を送信し、欠陥等から反射してくるエコーを評価することにより非破壊検査を行う超音波探傷に用いられるフォーカス型縦波超音波探触子に関する。

【0002】

【従来技術】

フォーカス型探触子から送信された超音波ビームはそのフォーカス領域においてビーム径が小さくなるため、分解能に優れた探傷を行うことができる。このため、欠陥の発生領域に欠陥ではない反射源が存在するようなケースでも、被検査物の表面をフォーカス型探触子で正確に走査すれば、その小さなビーム径により予め位置が分かっている反射源と欠陥とを区別することが可能である。

【0003】

フォーカス型超音波探触子には、超音波振動子としての圧電素子の湾曲形状として（多数の圧電素子片湾曲状に並べて湾曲圧電素子を形成してもよい）超音波ビームを集束させて予め決められた伝播距離にフォーカスを合わせる固定フォーカスタイプと、走査方向に複数個配列されている各圧電素子を少しづつ遅延させて発振させることによって超音波ビームに指向性をもたせて全体で合成される超音波ビームを所望の伝播距離にフォーカスを合わせる電子フォーカスタイプとがある。電子フォーカスタイプは制御回路が複雑であり、探触子そのものも非常に精密なもので慎重に扱わなければならないことから医療現場での超音波診断装置に主に使用されている。固定フォーカスタイプの探触子は圧電素子の湾曲形状によってフォーカス距離が決定されるので、探触子自体の構造は簡単であり、通常の超音波探傷器の高周波発振器から励起パルスが与えられると、フォーカスのかかった超音波ビームを送り出すことができるので、材料検査などでは固定フォーカスタイプが使用されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、超音波探傷の分野で用いられている圧電素子は、チタン酸ジルコン酸鉛、ニオブ酸鉛、ニオブ酸リチウムなどの圧電性金属酸化物から作られており、板状の圧電素子を作るとは簡単であるが、固定フォーカスタイプの探触子のための湾曲状の圧電素子を作るとは困難であり、所望のフォーカス距離をもつ圧電素子を高い再現性をもって作るとはさらに困難である。また、湾曲状の圧電素子を作るためには精密な金型が必要であり、その製造コストも非フォーカスタイプの板状の圧電素子に比べはるかに高いものとなっている。

【0005】

さらに、湾曲状の圧電素子の凹面にはプラスチックなどの超音波伝播部材を密着させることでフォーカス型縦波超音波探触子を完成されるが、圧電性金属酸化物と超音波伝播部材の音響インピーダンスの違いが大きいため（一般に10:1程度である）圧電素子と超音波伝播部材との境界での音波反射や音場の乱れにより、好ましい超音波パルス波を励起することが難しく、このことは、高分解能を必要とする欠陥検査において大きな問題点となる。また、境界での大きな音波反射は探傷に用いる超音波の音圧を下げることになる。

本発明の目的は、製造が簡単で優れた超音波パルス波を励起することができる、固定フォーカスタイプのフォーカス型縦波超音波探触子を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明による1つの提案のフォーカス型縦波超音波探触子は、ポリマー圧電材料からなる湾曲状圧電素子と、前記湾曲状圧電素子の凹面に密着したポリマー材料からなるマッチング材とを備え、前記マッチング材の音響インピーダンスは前記湾曲状圧電素子の音響インピーダンスに類似することを特徴としている。つまり、湾曲状圧電素子として弾力性に富んだポリマー材料を採用することで、超音波伝播部材としてのマッチング材の凸面湾曲状に形成された端部に、薄膜電極を施されたシート状のポリマー材料を密着させるだけで、フォーカス型縦波超音波探触子が作られ、その際マッチング材はポリマー圧電素子の音響インピーダンスに類似させているので、その境界面における音波反射や音場の乱れは金属酸化物とプラスチックに比べ著しく抑制される。これにより、簡単に製造されるにもかかわらず、好ましい超音波パルス波を励起することができ、このフォーカス型縦波超音波探触子で高分解能探傷も可能である。ここでいうマッチング材とポリマー圧電素子の音響インピーダンスの類似の範囲は、互いの境界で生じる音波反射や音場の乱れが高分解能を必要とする探傷に悪影響を与えないという条件を満たす、両者の音響インピーダンスの相違は含まれる範囲である。実験的には1～3倍程度の音響インピーダンスの違いでも十分であることがわかっているが、この程度の音響インピーダンスの相違は本発明でのマッ

ング材の音響インピーダンスと前記湾曲状圧電素子の音響インピーダンスの類似範囲に入るとみなされるが、一般に10倍以上ある圧電性金属酸化物とプラスチックの違いに比べると、その違いは極めて小さいといえるだろう。

【0007】

さらに、上記目的を達成するため、本発明による他の1つの提案によるフォーカス型縦波超音波探触子は、ポリマー圧電材料からなる湾曲状圧電素子と、前記湾曲状圧電素子の凹面に密着したポリマー材料からなるマッチング材とを備え、前記マッチング材の音響インピーダンスは、前記湾曲状圧電素子から発射された縦波超音波の伝播方向に関して前記湾曲状圧電素子の音響インピーダンスに類似する値から被検査物の音響インピーダンスの値に向かって変化していることを特徴としている。この構成では、先の提案のフォーカス型縦波超音波探触子をもつ特徴に加えて、マッチング材の走査面側の領域では、その音響インピーダンスが被検査物の音響インピーダンスに近づけているため、マッチング材と被検査物の境界での音波反射や音場の乱れが抑制され、さらに欠陥検査にとって有利となる。音響インピーダンス変化を有するマッチング材は、ポリマー材料に音響インピーダンスの大きな金属粉末を添加しながら遠心成型をすることで実現することができるし、あるいは、音響インピーダンスの異なるポリマーシートを多重に重ねていくことで実現することもできる。

【0008】

本発明の好適な実施形態として、前記マッチング材の長さは前記湾曲状圧電素子から発射された縦波超音波が被検査物の所定検査ポイントで焦点を結ぶように設定されているものがある。これにより、固定フォーカスタイプの縦波超音波探触子を用いながらも、所望の距離でフォーカスを合わせて、欠陥検査を行うことができる。その際、好ましくは、そのマッチング材を、湾曲状圧電素子から発射された縦波超音波の伝播方向に関して圧電素子側の第1部材と被検査物側の第2部材に分割し、第1部材と第2部材の接触面は平坦な面に形成されており、第2部材の他方の面は被検査物表面に適應するように形成することで、走査面形状とフォーカス距離に関して、各検査対象に適合するように作られた複数の第2部材から最適なものを選択して、第1部材と組み合わせることで、被検査物に最適な

フォーカス型縦波超音波探触子が得られる。

【0009】

本発明のフォーカス型縦波超音波探触子を用いた重要な検査は、ポリオレフィン樹脂管EF（熱融着）継手融着部の超音波検査であり、この検査では軸方向に螺旋状に巻かれた融着用ワイヤーを継手内部に備えた融着継手の継手内周面と、この融着継手に融着される管の管外周面との間に形成される融着状態を、ワイヤーの隙間を通り抜けるように超音波ビームを伝播させて検査しなければならないのである。もちろん、管の種類に応じて、探触子を接触させる面の曲面形状やワイヤーまでの深さは異なるのである。このような検査において、本発明のフォーカス型縦波超音波探触子では、湾曲状圧電素子とマッチング材とポリオレフィン樹脂管EF継手がそれぞれ類似した音響インピーダンスを持つことから、乱れが少なく十分な音圧レベルをもつ超音波を被検査物に入射することができ、高い分解能をもって被融着部の検査を行うことができる。なお、ポリオレフィン樹脂の代表としては、ポリエチレンもしくは架橋ポリエチレンを挙げることができ、ポリブテンの場合もある。

本発明によるその他の特徴及び利点は、以下図面を用いた実施例の説明により明らかになるだろう。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下本発明の第1の実施の形態を図1と図2を用いて説明する。ここでは、フォーカス型縦波超音波探触子1は、2本のポリエチレン管2を突き合わせ接合するポリエチレン管EF継手3の接合状態の超音波検査に用いられている。ポリエチレンはポリオレフィン樹脂に含まれる1つの物質としてここで採用されている。このポリエチレン管EF継手3は、突き合わされたポリエチレン管2に外嵌した状態で、内壁部に軸方向に螺旋状に巻かれた融着用ワイヤー4に給電して加熱し、その周辺部を溶かすことにより、ポリエチレン管EF継手3の内壁面3bとポリエチレン管2の外壁面2aを融着させて、強固な密封接続を実現するものである。この融着作業において、例えば、砂、ほこり、ごみ、水、どろ水などがポリエチレン管EF継手3の内壁面3bとポリエチレン管2の外壁面2aとの間に

入り込んでいたりしていると、未融着部5が生じる。このような未融着部5をポリエチレン管EF継手3の外壁面3aからフォーカス型縦波超音波探触子1を用いて探すのである。

【0011】

図2から明らかなように、融着用ワイヤー4は管軸方向に螺旋状に巻かれているので、この融着用ワイヤー4からのエコーが未融着部5からのエコーの検出を邪魔しないように、その音軸中心線が融着用ワイヤー4の隙間を通る超音波ビームで融着領域を検査することが重要である。つまり、高分解能をもった超音波ビームで検査する必要があり、そのためにフォーカス型縦波超音波探触子1は融着用ワイヤー4から融着領域の間にフォーカスを合っていないなければならない。

【0012】

このフォーカス型縦波超音波探触子1は、ダンパー材13によって裏打ちされた湾曲状圧電素子11と、圧電素子11の前面、つまり凹曲面に密着されているマッチング材12と、これらの一体物を内装しているカップ状の本体ケース14を備えている。圧電素子11の材料としてポリマー圧電膜は、仕様に応じて選択されるが、例えば、ポリジフルオロエチレン（ポリフッ化ビニリデン：PVDF）、P(VDF-TrFE)（フッ化ビニリデンと3フッ化エチレンの共重合体）、P(VDF-TeFE)（フッ化ビニリデンと4フッ化エチレンの共重合体）などが代表的であり、これを、所望フォーカス距離に合わせて設計されたマッチング材12の凸曲面に密着張り付けされることで、湾曲状圧電素子として機能する。そのような圧電素子の両面にここでは図示されていないが、薄膜電極が形成されており、この電極は電線15を介して本体ケース14に設けられたコネクタ16に接続されている。このコネクタ16が、高周波ケーブルを介して、高周波発振器、増幅器、信号評価部、モニターなどを備えた超音波探傷器のコネクタに接続されることにより、フォーカス型縦波超音波探触子1は超音波探傷の超音波発信部及び受信部として機能する。マッチング材12は、ここでは被検査物と同じ材料であるポリエチレンから作られており、圧電素子11とは反対側の面は、ポリエチレン管EF継手3の外壁面3aにぴったりと合うように凹面に加工されている。これによりマッチング材12と外壁面3aとの間にカップリン

グ剤6を薄く介在させるだけで、良好な密着性が得られる。このフォーカス型縦波超音波探触子1のフォーカス距離は、マッチング材12の長さを変更することによって所望のものにすることができる。

【0013】

ここで用いられた圧電素子11の音響インピーダンスは $2.1 \times 10^6 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^2$ であり、ポリエチレン製のマッチング材12の音響インピーダンスは $4.5 \times 10^6 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^2$ であり、 $30 \times 10^6 \text{ kg/s} \cdot \text{m}^2$ 以上の金属酸化物圧電素子の音響インピーダンスを考えると、ポリマー製圧電素子11とマッチング材12の音響インピーダンスは類似しているといえる。このフォーカス型縦波超音波探触子1の水浸法（厚さ0.34mmの刃を照準とする）でのフォーカス点での音圧状態は図3に示しており、良好なフォーカスレベルが得られている。さらに、図4には、前述したポリエチレン管EF継手3の接合状態を検査するテストピースに対する探触子1の位置とその際のモニターでのエコー表示が示されている。このテストピースには、ワイヤー4の内側に位置するポリエチレン管EF継手3の接合部に人工的に非融着部が形成されているので、フォーカスがよく効いた本発明による探触子1を管軸方向に沿って走査することにより、ワイヤー4からのエコーが、ここでは伝播時間 $16 \mu\text{sec}$ の位置付近に高くなったり低くなったりしながら生じ、人工欠陥（接合不良個所）のエコーは伝播時間 $18 \mu\text{sec}$ の位置付近に生じるはずである。実験の結果によれば、図4に示すように、探触子1を融着用ワイヤー4の直上に置いた場合は融着用ワイヤー4からのエコーが表示され（図4（イ））、探触子1を融着用ワイヤー4の隙間に置いた場合融着用ワイヤー4からのエコーが小さくなって（図4（ロ））、融着用ワイヤー4の隙間から人工欠陥からのエコーが確実に検出されている（図4（ハ））。このことから、このフォーカス型縦波超音波探触子1がポリエチレン管EF継手3の接合状態の検査に有効であることは明らかであり、実際の探傷では、同じサイズのEF継手3に対しては $17 \mu\text{sec}$ から $20 \mu\text{sec}$ の間にゲートをかけて管周面全域から走査することで接合不良の検査を行うことができる。なお、図4のモニター表示において、縦軸は超音波の振幅（電圧）を表しており、横軸は超音波の伝播時間を表しているが、伝播時間は図面の都合上、 $7 \mu\text{sec}$ から $27 \mu\text{se}$

c の領域だけを示しており、実質的な探傷領域が中央にくるように設定されている。

【0014】

被検査物とマッチング材12が同じ材料の場合は問題ないが、被検査物とマッチング材12との材料が異なりその音響インピーダンスが大きく異なる場合、マッチング材12として、その音響インピーダンスがポリマー圧電素子11の音響インピーダンスから被検査物の音響インピーダンスに近づくような傾斜した音響インピーダンス特性をもった材料を用いると、被検査物との境界で境界エコーが低減するので、欠陥検査にとって有利となる。音響インピーダンス変化を有するマッチング材の製造は使用する材料によって選択されるが、ポリマー材料に音響インピーダンスの大きな金属粉末を添加しながら遠心成型する方法や、音響インピーダンスの異なるポリマーシートを多重に重ねていく方法が提案される。

【0015】

本発明の第2の実施の形態を図5を用いて説明する。

このフォーカス型縦波超音波探触子1は、メインボディ10と、このメインボディ10に選択的に取り替え可能に連結されるサブボディ20とから構成されている。つまり、先の実施の形態の探触子の下部にサブボディ20を取り外し可能に取り付けた構成であり、マッチング材12がここでは、メインボディ10に内装される第1部材12と、サブボディ20に内装される第2部材21とに分割されているのである。

【0016】

メインボディ10は、ダンパー材13によって裏打ちされた湾曲状圧電素子11と、圧電素子11の前面、つまり凹曲面に密着されている第1マッチング材12と、これらの一体物を内装しているカップ状の本体ケース14を備えている。圧電素子11に設けられているここでは図示されていない薄膜電極は電線15を介して本体ケース14に設けられたコネクタ16に接続されている。第1部材12は、ここでも被検査物と同じ材料であるポリエチレンから作られており、圧電素子11とは反対側の面は精密に平坦に仕上げられており、本体ケース14の端面からわずかに突出させている。

【0017】

サブボディ20は、第2部材21とこの第2部材21を外嵌しているサブケース22とを備えている。第2部材21も第1部材12と同じポリエチレンから作られており、第1部材12と密着する面は平坦に精密仕上げされており、他方の面は走査面であるポリエチレン管EF継手3の外壁面3aにぴったりと合うように凹面加工されている。サブケース22の内壁面に設けられた雌ねじ部22aは本体ケース14の外壁面に設けられた雄ねじ部14aに螺合することにより、本体ケース14とサブケース22は一体化され、第1部材12と第2部材21の突き合わせ接触するが、その際互いの接触面にグリセリンなどのカップリング剤を塗布しておくことで、超音波音響学的な密着を確保する。

【0018】

本体ケース14にサブケース22を組み付けることにより、フォーカス型縦波超音波探触子1の完成品となるが、そのフォーカス距離はサブボディ20の第2部材21の長さを選択することによって所望のものにすることができる。つまり、図5から明らかなように、第1マッチング材12の軸方向長さ：L1は一定であり、第2マッチング材21の軸方向長さ：L2は選択するサブボディ20によって異なり、圧電素子11のフォーカス距離：Lは曲面形状から決定されるので、適切な第2マッチング材21の長さ：L2を有するサブボディ20を選択することにより、ポリエチレン管EF継手3の融着部領域にフォーカス点をもてることができる。サブボディ20の選択の際には、第2部材21の被検査物側の面の形状がポリエチレン管EF継手3の外壁面3aに適合したものを選択することも重要であり、これにより第2部材21と外壁面3aとの間にカップリング剤6を薄く介在させるだけで、良好な密着性が得られる。

【0019】

上記説明から明らかなように、この実施形態のフォーカス型縦波超音波探触子1では、第1部材12と第2部材21が、フォーカス距離のマッチングのために機能しているとともに、互いの境界から欠陥判定の障害となるような境界エコーが生じないようにそれらの音響インピーダンスもマッチングをとっていることが重要である。

これまでの実施の形態の説明では、圧電素子11は球面状の湾曲体形状を備えており、いわゆるポイントフォーカスタイプであったが、これに代えて、円柱周面状の湾曲体形状を備えることでラインフォーカスタイプとすることも本発明の枠内に入るものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】

ポリエチレン管EF継手の接合状態の超音波検査における本発明によるフォーカス型縦波超音波探触子の一実施形態を示すポリエチレン管軸方向での断面図

【図2】

図1におけるフォーカス型縦波超音波探触子の一実施形態を示すポリエチレン管周方向での断面図

【図3】

本発明によるフォーカス型縦波超音波探触子のフォーカス状態を測定した際の測定グラフ

【図4】

本発明によるフォーカス型縦波超音波探触子を用いてポリエチレン管EF継手の接合状態の超音波検査を行った際の反射波を示すモニター画面図。

【図5】

ポリエチレン管EF継手の接合状態の超音波検査における本発明によるフォーカス型縦波超音波探触子の別実施形態を示す断面図

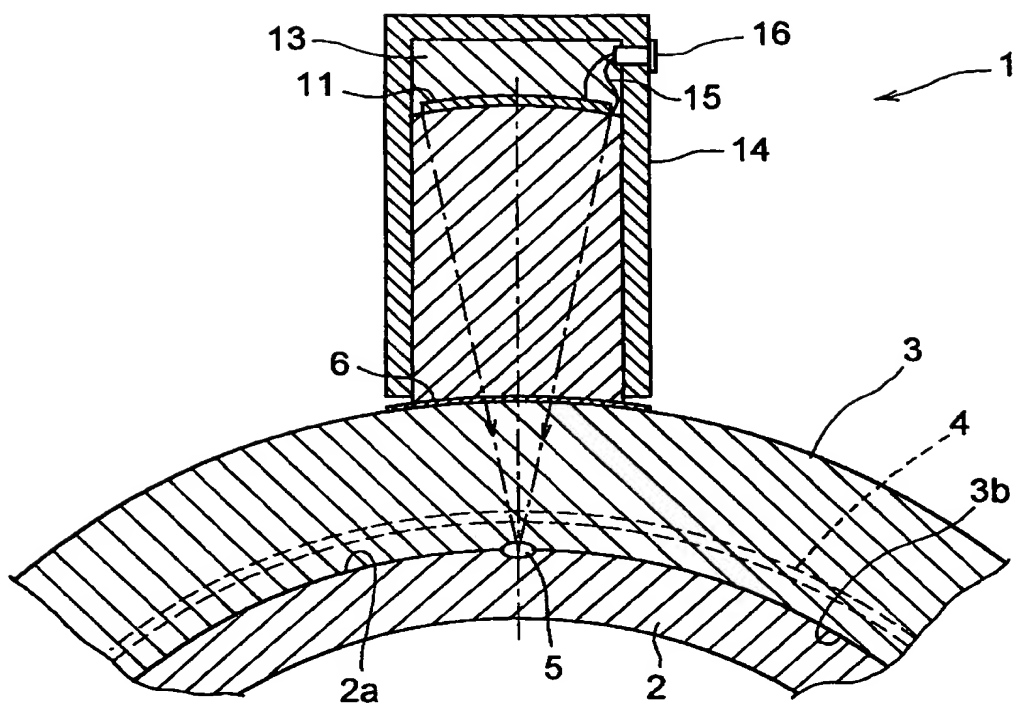
【符号の説明】

- 1 フォーカス型縦波超音波探触子
- 10 メインボディ
- 11 ポリマー湾曲状圧電素子
- 12 マッチング材（第1部材）
- 13 ダンパー材
- 14 本体ケース
- 20 サブボディ
- 21 第2部材

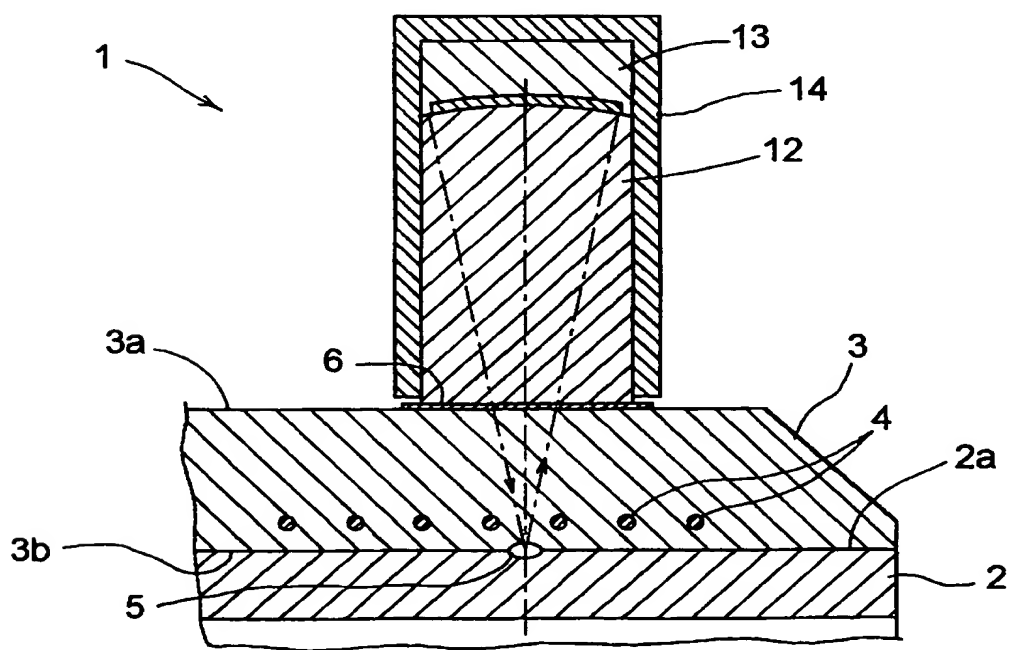
22 サブケース

【書類名】 図面

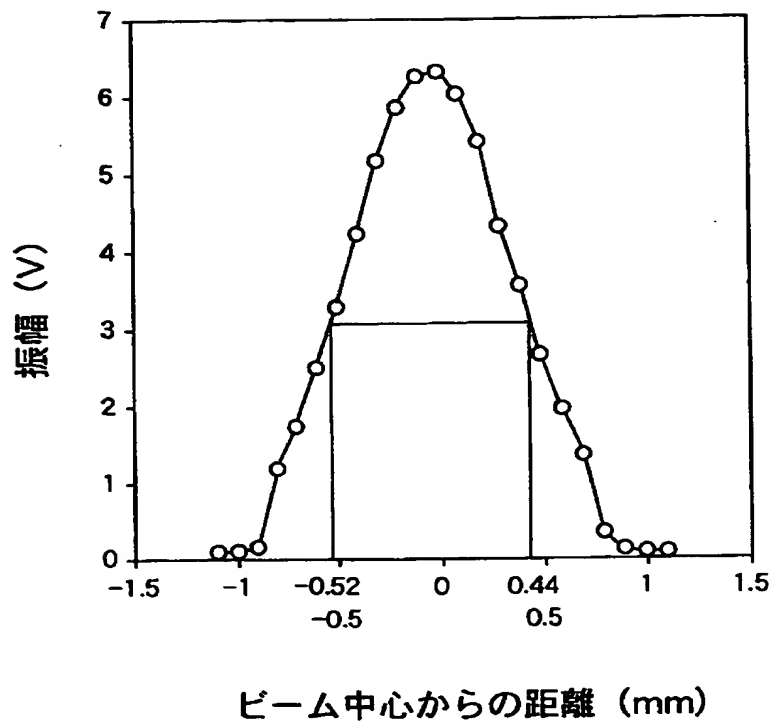
【図1】



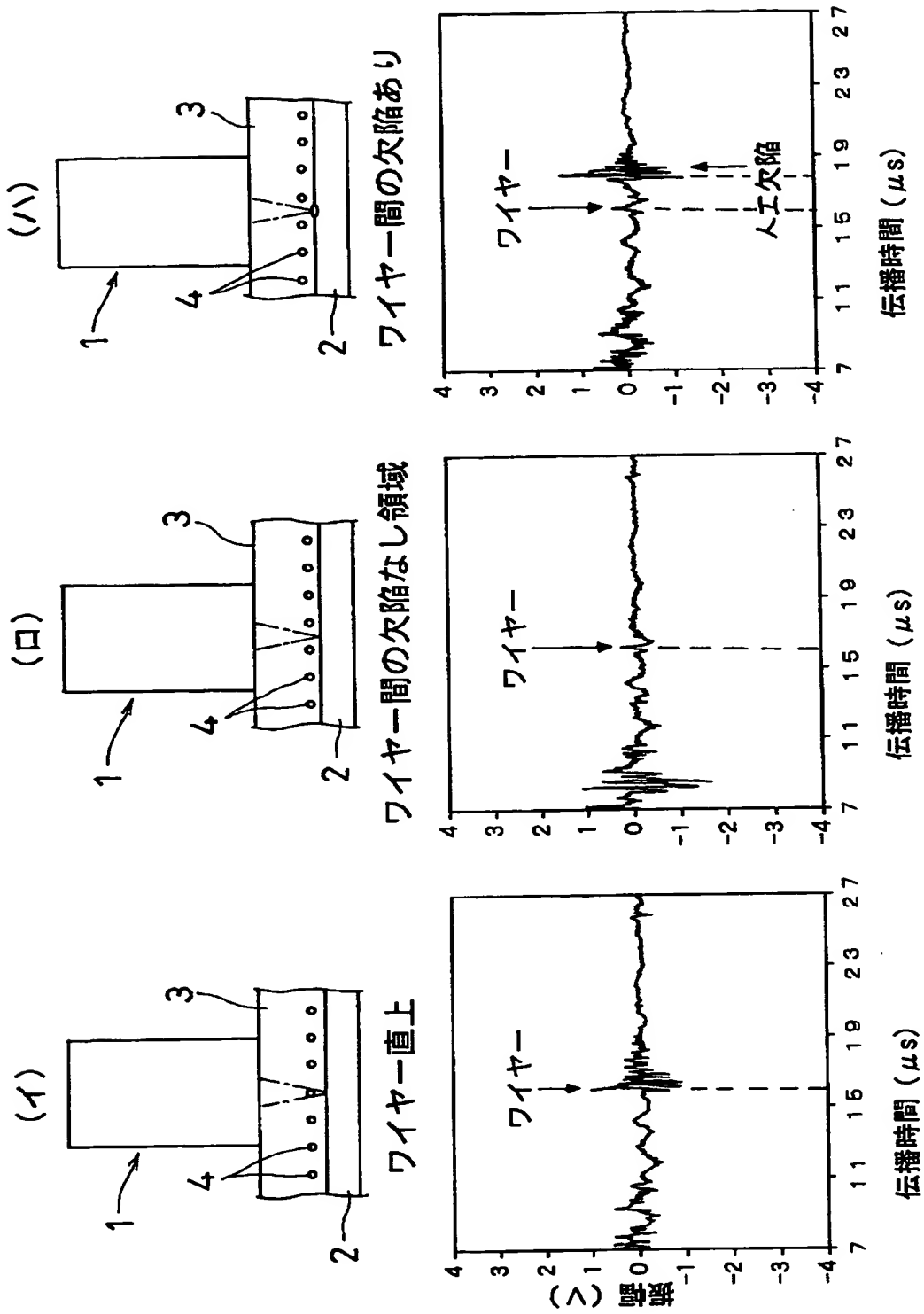
【図2】



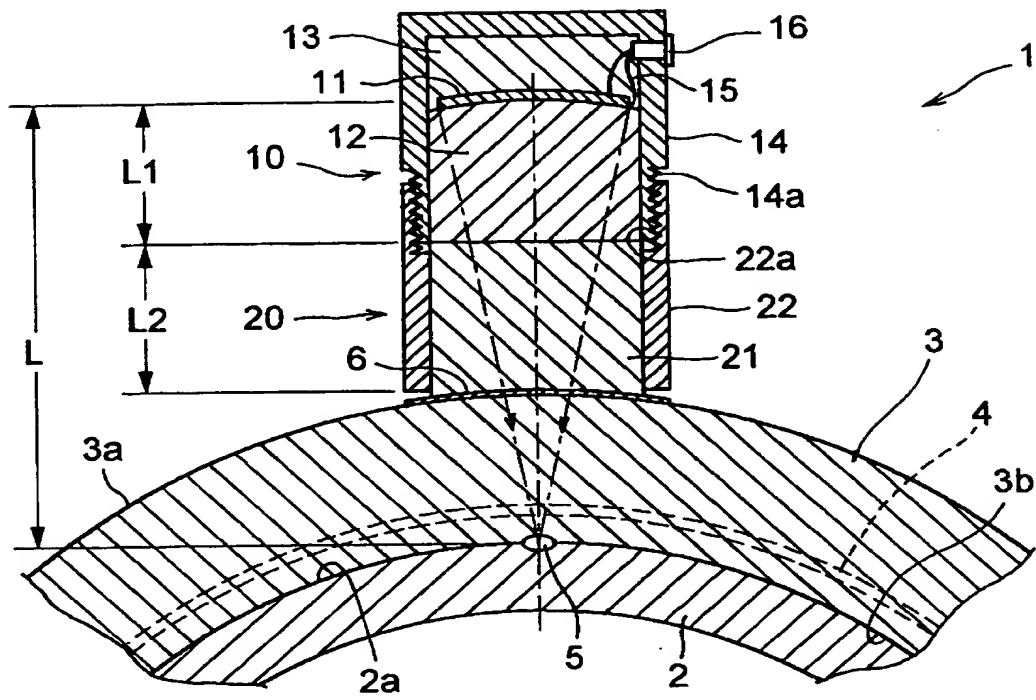
【図3】



【図4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 製造が簡単で優れた超音波パルス波を励起することができる、固定フォーカスタイプのフォーカス型縦波超音波探触子を提供すること。

【解決手段】 ポリマー圧電材料からなる湾曲状圧電素子(11)と、前記湾曲状圧電素子の凹面に密着したポリマー材料からなるマッチング材(12,21)とを備え、前記マッチング材の音響インピーダンスは前記湾曲状圧電素子の音響インピーダンスに類似させている。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000000284

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

【氏名又は名称】 大阪瓦斯株式会社

【代理人】 申請人

【識別番号】 100080975

【住所又は居所】 大阪府大阪市北区豊崎5丁目8番1号 北村修国際
特許事務所

【氏名又は名称】 北村 修

【選任した代理人】

【識別番号】 100107308

【住所又は居所】 大阪府大阪市北区豊崎5丁目8番1号

【氏名又は名称】 北村 修一郎

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000284]

1. 変更年月日 1990年 8月 8日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号

氏 名 大阪瓦斯株式会社

